

# VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS

REC'D 12 APR 2006


WIPO

PCT

## PCT

### INTERNATIONALER VORLÄUFIGER BERICHT ÜBER DIE PATENTIERBARKEIT

(Kapitel II des Vertrags über die internationale Zusammenarbeit auf dem Gebiet des Patentwesens)

Aktenzeichen des Anmelders oder Anwalts 155400.1/TK/sc	<b>WEITERES VORGEHEN</b> siehe Formblatt PCT/PEA/416	
Internationales Aktenzeichen PCT/CH 03/00796	Internationales Anmeldedatum (Tag/Monat/Jahr) 02.12.2003	Prioritätsdatum (Tag/Monat/Jahr) 02.12.2003
Internationale Patentklassifikation (IPC) oder nationale Klassifikation und IPC INV. H01J35/04		
Anmelder COMET HOLDING AG		
<p>1. Bei diesem Bericht handelt es sich um den internationalen vorläufigen Prüfungsbericht, der von der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde nach Artikel 35 erstellt wurde und dem Anmelder gemäß Artikel 36 übermittelt wird.</p> <p>2. Dieser BERICHT umfaßt insgesamt 5 Blätter einschließlich dieses Deckblatts.</p> <p>3. Außerdem liegen dem Bericht ANLAGEN bei; diese umfassen</p> <p>a. <input checked="" type="checkbox"/> (an den Anmelder und das Internationale Büro gesandt) insgesamt 6 Blätter; dabei handelt es sich um</p> <p><input type="checkbox"/> Blätter mit der Beschreibung, Ansprüchen und/oder Zeichnungen, die geändert wurden und diesem Bericht zugrunde liegen, und/oder Blätter mit Berichtigungen, denen die Behörde zugestimmt hat (siehe Regel 70.16 und Abschnitt 607 der Verwaltungsvorschriften).</p> <p><input type="checkbox"/> Blätter, die frühere Blätter ersetzen, die aber aus den in Feld Nr. 1, Punkt 4 und im Zusatzfeld angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde eine Änderung enthalten, die über den Offenbarungsgehalt der internationalen Anmeldung in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgeht.</p> <p>b. <input type="checkbox"/> (nur an das Internationale Büro gesandt) insgesamt (bitte Art und Anzahl der/des elektronischen Datenträger(s) angeben) , der/die ein Sequenzprotokoll und/oder die dazugehörigen Tabellen enthält/enhalten, nur in elektronischer Form, wie im Zusatzfeld betreffend das Sequenzprotokoll angegeben (siehe Abschnitt 802 der Verwaltungsvorschriften).</p>		
<p>4. Dieser Bericht enthält Angaben zu folgenden Punkten:</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Feld Nr. I Grundlage des Berichts</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. II Priorität</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. III Keine Erstellung eines Gutachtens über Neuheit, erfinderische Tätigkeit und gewerbliche Anwendbarkeit</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. IV Mangelnde Einheitlichkeit der Erfindung</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Feld Nr. V Begründete Feststellung nach Artikel 35(2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. VI Bestimmte angeführte Unterlagen</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. VII Bestimmte Mängel der internationalen Anmeldung</p> <p><input type="checkbox"/> Feld Nr. VIII Bestimmte Bemerkungen zur internationalen Anmeldung</p>		
Datum der Einreichung des Antrags  11.12.2004	Datum der Fertigstellung dieses Berichts  11.04.2006	
Name und Postanschrift der mit der internationalen vorläufigen Prüfung beauftragten Behörde   Europäisches Patentamt D-80298 München Tel. +49 89 2399 - 0 Tx: 523656 epmu d Fax: +49 89 2399 - 4465	Bevollmächtigter Bediensteter  Oestreich, S  Tel. +49 89 2399-7037	



# INTERNATIONALER VORLÄUFIGER BERICHT ÜBER DIE PATENTIERBARKEIT

Internationales Aktenzeichen  
PCT/CH 03/00796

## Feld Nr. I Grundlage des Berichts

1. Hinsichtlich der **Sprache** beruht der Bericht auf der internationalen Anmeldung in der Sprache, in der sie eingereicht wurde, sofern unter diesem Punkt nichts anderes angegeben ist.
  - ☐ Der Bericht beruht auf einer Übersetzung aus der Originalsprache in die folgende Sprache, bei der es sich um die Sprache der Übersetzung handelt, die für folgenden Zweck eingereicht worden ist:
    - ☐ internationale Recherche (nach Regeln 12.3 und 23.1 b))
    - ☐ Veröffentlichung der internationalen Anmeldung (nach Regel 12.4)
    - ☐ internationale vorläufige Prüfung (nach Regeln 55.2 und/oder 55.3)
2. Hinsichtlich der **Bestandteile\*** der internationalen Anmeldung beruht der Bericht auf (*Ersatzblätter, die dem Anmeldeamt auf eine Aufforderung nach Artikel 14 hin vorgelegt wurden, gelten im Rahmen dieses Berichts als "ursprünglich eingereicht" und sind ihm nicht beigelegt*):

### Beschreibung, Seiten

1-3, 7-17 in der ursprünglich eingereichten Fassung  
4-6 eingegangen am 28.02.2006 mit Telefax

### Ansprüche, Nr.

1-12 eingegangen am 28.02.2006 mit Telefax

### Zeichnungen, Blätter

1/13-13/13 in der ursprünglich eingereichten Fassung

☐ einem Sequenzprotokoll und/oder etwaigen dazugehörigen Tabellen - siehe Zusatzfeld betreffend das Sequenzprotokoll

3. ☐ Aufgrund der Änderungen sind folgende Unterlagen fortgefallen:
  - ☐ Beschreibung: Seite
  - ☐ Ansprüche: Nr.
  - ☐ Zeichnungen: Blatt/Abb.
  - ☐ Sequenzprotokoll (*genaue Angaben*):
  - ☐ etwaige zum Sequenzprotokoll gehörende Tabellen (*genaue Angaben*):
4. ☐ Dieser Bericht ist ohne Berücksichtigung (von einigen) der diesem Bericht beigelegten und nachstehend aufgelisteten Änderungen erstellt worden, da diese aus den im Zusatzfeld angegebenen Gründen nach Auffassung der Behörde über den Offenbarungsgehalt in der ursprünglich eingereichten Fassung hinausgehen (Regel 70.2 c)).
  - ☐ Beschreibung: Seite
  - ☐ Ansprüche: Nr.
  - ☐ Zeichnungen: Blatt/Abb.
  - ☐ Sequenzprotokoll (*genaue Angaben*):
  - ☐ etwaige zum Sequenzprotokoll gehörende Tabellen (*genaue Angaben*):

\* Wenn Punkt 4 zutrifft, können einige oder alle dieser Blätter mit der Bemerkung "ersetzt" versehen werden.

**INTERNATIONALER VORLÄUFIGER BERICHT  
ÜBER DIE PATENTIERBARKEIT**

Internationales Aktenzeichen  
PCT/CH 03/00796

---

**Feld Nr. V Begründete Feststellung nach Artikel 35 (2) hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung**

---

- |                                |   |
|--------------------------------|---|
| 1. Feststellung                |   |
| Neuheit (N)                    | Ja: Ansprüche 1-12<br>Nein: Ansprüche   |
| Erfinderische Tätigkeit (IS)   | Ja: Ansprüche 1-12<br>Nein: Ansprüche   |
| Gewerbliche Anwendbarkeit (IA) | Ja: Ansprüche: 1-12<br>Nein: Ansprüche: |

2. Unterlagen und Erklärungen (Regel 70.7):

**siehe Beiblatt**

**Zu Punkt V**

**Begründete Feststellung hinsichtlich der Neuheit, der erfinderischen Tätigkeit und der gewerblichen Anwendbarkeit; Unterlagen und Erklärungen zur Stützung dieser Feststellung**

Es wird auf das folgende Dokument verwiesen:

- D1: US 2003/048875 A1 (ISHIBASHI AKIRA ET AL) 13. März 2003 (2003-03-13)  
D3: US-A-6 111 932 (DINSMORE MARK) 29. August 2000 (2000-08-29)

Das Dokument D3 wird als nächstliegender Stand der Technik gegenüber dem Gegenstand des Anspruchs 1 angesehen. Es offenbart (die Verweise in Klammern beziehen sich auf dieses Dokument):

eine Röntgenröhre, bei welcher eine Anode und eine Kathode in einem vakuumisierten Innenraum einander gegenüberliegend angeordnet sind (implizit aus der Anordnung der Beschleunigerelemente 112,114,...), wobei Elektronen bei der Kathode erzeugbar sind, wobei ein erstes Beschleunigungsmodul (120) die Kathode mit Elektronenextraktion umfaßt, Elektronen mittels anlegbarer Hochspannung auf die Anode beschleunigbar sind und Röntgenstrahlen bei der Anode mittels der Elektronen erzeugbar sind, wobei die Röntgenröhre mehrere einander ergänzende Beschleunigungsmodule (112,114,...) umfaßt, wobei jedes Beschleunigungsmodul mindestens eine potentialtragende Elektrode umfaßt, die Röntgenröhre mindestens ein weiteres (114,116,...) Beschleunigungsmodul mit einer potentialtragenden Elektrode umfaßt und das Beschleunigungsmodul zur Beschleunigung von Elektronen beliebig oft wiederholbar in Serie schaltbar ist, und wobei die Röntgenröhre modular aufbaubar (siehe Spalte 4, Zeile 24) ist.

Der Gegenstand des Anspruchs 1 unterscheidet sich daher von der aus Dokument D1 bekannten Röntgenröhre dadurch, daß ein zweites Beschleunigungsmodul die Anode mit der Röntgenstrahlungserzeugung umfaßt.

Der Gegenstand des Anspruchs 1 ist somit neu (Artikel 33(2) PCT).

Die mit der vorliegenden Erfindung zu lösende Aufgabe kann somit darin gesehen werden,

die Bauart der Röntgenröhre, die in D1 als Beschleuniger mit externer Anode ausgeführt ist, zu vereinfachen.

Die in Anspruch 1 der vorliegenden Anmeldung für diese Aufgabe vorgeschlagene Lösung beruht aus den folgenden Gründen auf einer erfinderischen Tätigkeit (Artikel 33(3) PCT): Keines der verfügbaren Dokumente offenbart in Verbindung die Merkmale des Anspruchs 1; entweder werden in die Röhre einbezogene Anoden und kein modularer Aufbau offenbart (siehe Dokument D1), oder wird wie in Dokument D3 ein modularer Aufbau beschrieben, aber keine als Modul zum Aufbau gehörende Anode.

Die Ansprüche 2-11 sind vom Anspruch 1 abhängig und erfüllen damit ebenfalls die Erfordernisse des PCT in bezug auf Neuheit und erfinderische Tätigkeit. Verfahrensanspruch 12 ist formuliert als "Verfahren zur Herstellung einer Röntgenröhre nach [...] Anspruch 1 [...]". Da der Gegenstand des Anspruchs 1 neu und erfinderisch ist, ist somit auch der Gegenstand des Anspruchs 12 neu und erfinderisch.

DE6946926 gezeigt. Um die Angriffsfläche zu verringern, wird in diesen Lösungen ein konischer Keramikisolator verwendet. Der Keramikisolator weist eine im Wesentlichen konstante Wandstärke auf und ist z.B. mit einer aufvulkanisierten Gummischicht überzogen. Die Schicht soll dazu beitragen, dass Sekundärelektronen weniger stark auftreten. Wie erwähnt, erfasst das elektrische Feld im Inneren des Vakuumraums ebenfalls die Oberflächen der Isolatoren. Insbesondere bei konischen Isolatoren wird durch das Feld ein auf den Isolatoren auftreffendes Elektron oder ein durch ein auftreffendes Elektron ausgelöstes Streuelektron von der Oberfläche weg in Richtung Anode beschleunigt. Prinzipiell sind die Isolationskoni so geformt, dass der Normalvektor des elektrischen Feldes die Elektronen von der Isolatorfläche wegbeschleunigt. Ist der anodenseitige Isolator wie der kathodenseitige Isolator als in den Innenraum hineinragender Kegelstumpf ausgebildet, dann wird ein auf den Isolator auftreffendes (beispielsweise ein aus dem Metallkolben ausgelöstes) Elektron ebenfalls zur Anode hin beschleunigt. Der anodenseitige Konus des Isolators ist z.B. so geformt, dass der Normalvektor von der Oberfläche wegzeigt. Anodenseitig bewegt das Elektron sich auf der Isolatoroberfläche entlang, weil kein von der Isolatorfläche wegweisendes elektrisches Feld auf das Elektron einwirkt. Nach Durchlaufen einer gewissen Strecke hat ein solches Elektron genügend Energie, um weitere Elektronen auszulösen, die ihrerseits wiederum Elektronen auslösen, so dass es zu einer auf der Isolatorenoberfläche zur Anode laufenden Elektronenlawine kommt, die eine erhebliche Störung, unter Umständen auch Gasausbrüche oder gar einen Durchschlag des Isolators hervorrufen kann. Je höher die Spannung ist, desto signifikanter wird dieser Effekt. Bei sehr hohen Spannungen kann diese Art der Isolatoren deshalb nicht mehr eingesetzt werden. Zudem ist anzumerken, dass die geometrische Länge mit zunehmendem angelegtem elektrischen Feld zunimmt. Elektronen können je nach Energie und Austrittswinkel auch in Richtung Kathode laufen, insbesondere bei gestreuten Elektronen. Kathodenseitig tritt der oben beschriebene Effekt jedoch weniger auf, da Elektronen, die kathodenseitig auf die Isolatoroberfläche gelangen oder aus dieser ausgelöst werden, sich durch das Vakuum in Richtung Metallzylinder und nicht entlang der Isolatoroberfläche bewegen. Um den Nachteil zu umgehen, sind im Stand der Technik verschiedene Lösungen bekannt, z.B. wird in der Offenlegungsschrift DE2506841 vorgeschlagen, kathodenseitig den Isolator derart auszugestalten, dass zwischen dem Isolator und der Röhre ein konischer

Hohlraum entsteht. Eine andere Lösung des Standes der Technik wird z.B. in der Patentschrift EP0215034 gezeigt, wo der scheibenförmige Isolator gegen den Metallzylinder hin treppenförmig abgestuft ist. Es hat sich jedoch gezeigt, dass all die im Stand der Technik gezeigten Lösungen bei hohen Spannungen, d.h. beispielsweise oberhalb von 150 kV, Störungen aufweisen, die u.a. zu einer vorzeitigen Alterung des Materials führen und Gasausbrüche und/oder Durchbrüche des Isolators erzeugen können. Somit sind die im Stand der Technik bekannten Röntgenröhren für viele moderne Anwendungen mit sehr hohen Spannungen (>400 kV) nur schlecht bzw. gar nicht verwendbar.

Es ist eine Aufgabe dieser Erfindung, eine neue Röntgenröhre und ein entsprechendes Verfahren zur Herstellung einer solchen Röntgenröhren vorzuschlagen, welche die oben beschriebenen Nachteile nicht aufweist. Insbesondere soll ein Röntgenstrahler vorgeschlagen werden, der mehrfach höhere elektrische Leistungen ermöglicht als konventionelle Röntgenstrahler. Ebenso sollen die Röhren modular aufbaubar und einfach und kostengünstig herzustellen sein. Weiter sollen eventuelle defekte Teile der Röntgenröhre austauschbar sein, ohne dass die ganze Röntgenröhre ersetzt werden muss.

Gemäss der vorliegenden Erfindung wird dieses Ziel insbesondere durch die Elemente der unabhängigen Ansprüche erreicht. Weitere vorteilhafte Ausführungsformen gehen ausserdem aus den abhängigen Ansprüchen und der Beschreibung hervor.

Insbesondere werden diese Ziele durch die Erfindung dadurch erreicht, dass in einer Röntgenröhre eine Anode und eine Kathode in einem vakuumisierten Innenraum einander gegenüberliegend angeordnet sind, wobei bei der Kathode Elektronen erzeugt werden, mittels anlegbarer Hochspannung auf die Anode beschleunigt werden und Röntgenstrahlen bei der Anode mittels der Elektronen erzeugt werden, wobei die Röntgenröhre mehrere einander ergänzende Beschleunigungsmodule umfasst, welche Beschleunigungsmodule jeweils mindestens eine potentialtragende Elektrode umfassen, wobei das erste Beschleunigungsmodul die Kathode mit primärer Elektronenerzeugung und das letzte Beschleunigungsmodul die Anode mit der Röntgenstrahlungserzeugung umfasst, und wobei die Röntgenröhre mindestens ein weiteres Beschleuni-

gungsmodul mit einer potentialtragenden Elektrode umfasst, welches Beschleunigungsmodul zur Beschleunigung von Elektronen beliebig oft wiederholbar in Serie schaltbar ist, und wobei die Röntgenröhre modular aufbaubar ist. Die Anode kann ein Target zur Röntgenstrahlungserzeugung mit einem Austritts-  
5 fenster umfassen oder als eine Transmissionsanode ausgebildet sein, welche den vakuumisierten Innenraum der Röntgenröhre nach Aussen abschliesst. Mindestens eine der Elektroden kann kugelförmig bzw. konusförmig ausgebildete Enden zur Herabsetzung oder Minimierung der Feldüberhöhung an der jeweiligen Elektrode umfassen. Die Elektroden können z.B. mittels Potentialan-  
10 schlüsse zum Beispiel an eine Hochspannungskaskade anschliessbar sein. Ein Vorteil der Erfindung ist u.a., dass Röntgenstrahlung sehr hoher Leistung erzeugt werden kann, wobei die geometrische Baugrösse der Röntgenröhre insbesondere zu Röhren des Standes der Technik klein ist. Gleichzeitig ermöglicht die Erfindung eine Röntgenröhre, die stabil über einen sehr weiten elektrischen  
15 Potentialbereich betreibbar ist, ohne dass sich Leistungscharakteristiken verändern. Ein weiterer Vorteil der Erfindung ist u.a. eine weitaus geringere Belastung des Isolators durch das  $E$ -Feld. Dies gilt besonders im Vergleich zu den herkömmlichen Scheibenisolatoren. Die erfindungsgemässe Röntgenröhre kann z.B. in einem einstufigen Vakuumlötprozess hergestellt werden. Dies hat  
20 insbesondere den Vorteil, dass die anschliessende Evakuierung der Röntgenröhre mittels Hochvakuum pumpen entfallen kann. Es ist ein weiterer Vorteil, dass sich die erfindungsgemässe Röntgenröhre durch ihren einfachen und modularen Aufbau besonders für das One-Shot-Verfahren eignet, da die Felder innerhalb der Röhre viel kleiner sind als bei konventionellen Röhren und die  
25 erfindungsgemässe Röhre dadurch weniger anfällig auf Verunreinigungen und/oder undichte Stellen ist.

In einer Ausführungsvariante wird die Potentialdifferenz zwischen jeweils zwei potentialtragenden Elektroden benachbarter Beschleunigungsmodu-  
le für alle Beschleunigungsmodule konstant gewählt, wobei die Endenergie der  
30 beschleunigten Elektronen ein ganzzahliges Vielfaches der Energie eines Beschleunigungsmoduls ist. Diese Ausführungsvariante hat u.a. den Vorteil, dass die Belastung der Isolatoren über die Strecke konstant ist und keine Feldüberhöhungen auftreten, die sich nachteilig auf die Betriebsfähigkeit der Röhre auswirken können.



### Ansprüche

1. Röntgenröhre (10), bei welcher eine Anode (20) und eine Kathode (30) in einem vakuumisierten Innenraum (40) einander gegenüberliegend angeordnet sind, wobei Elektronen (e-) bei der Kathode (30) erzeugbar sind, mittels anlegbarer Hochspannung auf die Anode (20) beschleunigbar sind und Röntgenstrahlen ( $\gamma$ ) bei der Anode (20) mittels der Elektronen (e-) erzeugbar sind, wobei die Röntgenröhre (10) mehrere einander ergänzende Beschleunigungs-  
module (41,...,45) umfasst, wobei jedes Beschleunigungsmodul (41,...,45) mindestens eine potentialtragende Elektrode (20/30/423/433/443) umfasst, wobei  
ein erstes Beschleunigungsmodul (41) die Kathode (30) mit Elektronenextraktion (e-) umfasst, und wobei ein zweites Beschleunigungsmodul (45) die Anode (20) mit der Röntgenstrahlungserzeugung ( $\gamma$ ) umfasst,

dadurch gekennzeichnet,

dass die Röntgenröhre (10) mindestens ein weiteres Beschleunigungsmodul (42,...,44) mit einer potentialtragenden Elektrode (423/433/443) umfasst, wobei das Beschleunigungsmodul (42,...,44) zur Beschleunigung von Elektronen (e-) beliebig oft wiederholbar in Serie schaltbar ist, und wobei die Röntgenröhre (10) modular aufbaubar ist.

2. Röntgenröhre (10) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Potentialdifferenz zwischen jeweils zwei potentialtragenden Elektroden (20/30/423/433/443) benachbarter Beschleunigungsmodule (41,...,45) für alle Beschleunigungsmodule (41,...,45) konstant ist, wobei die Endenergie der beschleunigten Elektronen (e-) ein ganzzahliges Vielfaches der Energie eines Beschleunigungsmoduls (41,...,45) ist.

3. Röntgenröhre (10) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eines der Beschleunigungsmodule (41,...,45) ein wiederverschliessbares Vakuumventil (531) und/oder einseitig oder zweiseitig Vakuumdichtungen aufweist.

4. Röntgenröhre (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Beschleunigungsmodule (41,...,45) eine zylinderförmige Isolationskeramik (53) umfassen.

5 5. Röntgenröhre (10) nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolationskeramik (53) eine hochohmige Innenbeschichtung aufweist.

6. Röntgenröhre (10) nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Isolationskeramik (53) eine rippenförmige Aussenstruktur umfasst.

10 7. Röntgenröhre (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Anode (20) ein Target zur Röntgenstrahlungserzeugung sowie ein Austrittsfenster (201) für Röntgenstrahlung umfasst.

15 8. Röntgenröhre (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass die Anode (20) eine Transmissionsanode umfasst, wobei die Transmissionsanode den vakuumisierten Innenraum (40) gegen aussen abschliesst.

9. Röntgenröhre (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektroden (20/30/423/433/443) der Beschleunigungsmodule (41,...,45) eine Abschirmung (412,...,415) zur Unterdrückung des Streuelektronenflusses auf die Isolationskeramik (51) umfassen.

20 10. Röntgenröhre (10) nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der Elektroden (423/433/443 ) und/oder Abschirmungen (412,...,415) kugelförmig bzw. konusförmig ausgebildete Enden zur Herabsetzung oder Minimierung der Feldüberhöhung an der jeweiligen Elektrode (423/433/443) und/oder Abschirmung (412,...,415) umfasst.

25 11. Bestrahlungssystem (60), dadurch gekennzeichnet, dass das Bestrahlungssystem (60) mindestens eine Röntgenröhre (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 10 mit einer Hochspannungskaskade (62) zur Spannungsversorgung der Röntgenröhre (10) umfasst.

12. Verfahren zur Herstellung einer Röntgenröhre (10) nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Röntgenröhre (10) in einem einstufigen Vakuumlötprozess hergestellt wurde.